

527, 439  
11 MAR 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

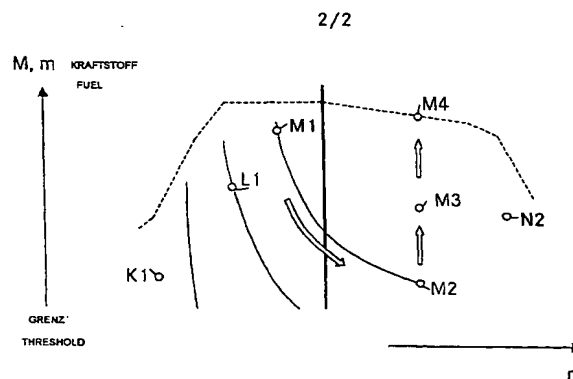
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/033881 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 41/18**, 41/14, 33/02, 35/00, 41/22
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009415
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
26. August 2003 (26.08.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 42 233.8 12. September 2002 (12.09.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BARBA, Christian** [CH/DE]; Böhmerwaldweg 23, 70736 Fellbach (DE). **DIETZ, Martin** [DE/DE]; Kirchsteige 5, 70329 Stuttgart (DE). **MOLL, Günter** [DE/DE]; Urbacher Strasse 24, 70374 Stuttgart (DE).
- (74) Anwälte: **KOCHER, Klaus-Peter** usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaat (national): US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A CHANGE IN AIR CONSUMPTION FOR A COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER LUFTAUFWANDSÄNDERUNG FÜR EINEN VERBREN-  
NUNGSMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a change in air consumption for a combustion engine. According to the inventive method, a reference air consumption is determined in advance, a first actual air consumption corresponding to a sensor error is determined at a first measuring point (M1; L1) within a first range of rotational speed in which a change in flow losses within an intake section only minimally affects air consumption, a second actual air consumption is determined at a second measuring point (M2, L2) within a second range of rotational speed lying above the first range of rotational speed with regard to the rotational speed, the second actual air consumption is corrected by means of the first actual air consumption, and the change in air consumption is determined from the reference air consumption and the corrected second actual air consumption. Preferably, the inventive method is used for controlling/regulating an exhaust gas recirculation rate.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung für einen Verbrennungsmotor, wobei ein Referenzluftaufwand vorab ermittelt wird, ein erster aktueller Luftaufwand, welcher einem Sensorfehler entspricht, an einem ersten Messpunkt (M1;

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/033881 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

L1) in einem ersten Drehzahlbereich ermittelt wird, in dem sich eine Änderung der Strömungsverluste in einem Ausaugtrakt nur geringfügig auf den Luftaufwand auswirkt, ein zweiter aktueller Luftaufwand an einen zweiten Messpunkt (M2, L2) in einem zweiten Drehzahlbereich ermittelt wird, der drehzahlmässig oberhalb der ersten Drehzahlbereichs liegt, der zweite aktuelle Luftaufwand mittels des ersten aktuellen Luftaufwands korrigiert wird, und die Luftaufwandsänderung aus dem Referenzluftaufwand und dem korrigierten zweiten aktuellen Luftaufwand bestimmt wird. Das erfindungsgemässe Verfahren wird vorzugsweise bei einer Steuerung/Regelung einer Abgasrückführrate eingesetzt.

Verfahren zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung  
für einen Verbrennungsmotor

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung für einen Verbrennungsmotor.

In der Offenlegungsschrift DE 199 34 508 A1 ist ein Verfahren zur Abgasrückführsteuerung beschrieben, bei dem eine Sollabgasrückführmenge auf der Basis von Motorlast, Motordrehmoment und Luftdruck erfaßt wird, eine Istabgasrückführmenge sowie die Öffnungs- und die Schließbewegung einer Drosselklappe sensorisch erfaßt werden, und ein Abgasrückführsteuerventil in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Ist- und Sollabgasrückführmenge und einem Drosselklappenöffnungssignal sowie einem Drosselklappenschließsignal und dem jeweils zugehörigen Luftdruck betätigt wird. Die sensorische Erfassung der Abgasrückführmenge erfolgt durch Differenzdruckmessung mittels eines Differenzdrucksensors an einer Drosselöffnung, die in einer zugehörigen Abgasrückführleitung vorgesehen ist.

Für den Einsatz einer Abgasrückführregelung bzw. -steuerung ist es erforderlich, die Istabgasrückführmenge zu möglichst jedem Zeitpunkt bzw. Motorbetriebszustand und insbesondere bei sich ändernder Temperatur und sich änderndem Luftdruck der Umgebung, welcher üblicherweise das Frischgas bzw. die Frischluft für den Verbrennungsmotor entnommen wird, zu kennen. Ist die Istabgasrückführmenge bekannt, so kann die Abgasrückführrate bzw. die Sollabgasrückführmenge auf einen geeignete Sollabgasrückführmenge bzw. -rate eingeregelt werden. Die in den oder die Brennräume des Verbrennungsmotors

eingespeiste Frischgasmenge kann z.B. über eine Heissfilm-Luftmassenmesser (HFM) bzw. -sensor in einem Frischgassaugrohr bzw. Ansaugtrakt gemessen werden. Die gesamte, in den oder die Verbrennungsmotorbrennräume im Motorbetrieb eingespeiste Gasgemischmenge kann ausgehend von einer z.B. vorab an einem Prüfstand ermittelten Referenzgasgemischmenge bzw. einer entsprechenden Kennlinie bzw. einem entsprechenden Kennfeld unter Berücksichtigung des aktuellen Drucks und der aktuellen Temperatur im Ansaugtrakt ermittelt werden. Alternativ kann die Gasgemischmenge auch unter Verwendung der idealen Gasgleichung rechnerisch aus dem Luftaufwand ermittelt werden. Die Istabgasrückführmenge kann durch Differenzbildung aus der in den Verbrennungsmotor eingespeisten Gasgemischmenge und der Frischgasmenge ermittelt werden. Diese Istabgasrückführmenge kann dann mittels einer Abgasrückführregelung bzw. -steuerung auf eine Sollabgasrückführmenge eingeregelt werden.

Der Luftaufwand ist ein Maß für die dem Verbrennungsmotor zugeführte gasförmige Frischladung bzw. Gasmenge. Der Luftaufwand ist definiert als das Verhältnis von Ladungseinsatz bzw. zugeführter Gasmenge zu theoretischer Ladung bzw. der theoretisch zuführbaren Gasmenge je Arbeitsspiel. Der Luftaufwand ist also das Verhältnis von gesamter zugeführter Frischladung je Arbeitsspiel zur Frischladung beim Füllen des geometrischen Hubraumes des Verbrennungsmotors mit Luft bzw. Gemisch vom Umgebungszustand, bei nicht aufgeladenem Motor bzw. vom Zustand hinter einem Verdichter bzw. Turbolader oder einem Ladeluftkühler bei Verbrennungsmotoren mit Aufladung. Für den Betrieb mit Abgasrückführung ist der Luftaufwand definiert als das Verhältnis von gesamter zugeführter Gasgemischmenge je Arbeitsspiel zur Gasgemischmenge beim Füllen des geometrischen Hubraums des Verbrennungsmotors mit Gasgemisch vom Zustand nach Zumischung durch die Abgasrückführung.

Der Begriff „Menge“ wird vorliegend der Einfachheit halber umfassend zur Bezeichnung einer mengenindikativen physikali-

schen Größe gebraucht, wie beispielsweise für die Masse oder die Mengen- oder Massenrate an rückgeführtem Abgas bzw. an dem Verbrennungsmotor eingespeistem Gasgemisch oder Frischgas. Der Luftaufwand wird auch als Schluckvermögen des Motors bezeichnet.

Da der Luftaufwand des Verbrennungsmotors aus Messwerten bzw. mittels entsprechender Sensoren bestimmt wird, kann eine Luftaufwandsänderung durch eine physikalische Änderung und/oder durch ein falsches Sensorsignal hervorgerufen werden. Verändert sich beispielsweise das Bezugsniveau einer Messung, z.B. der Nullpunkt bzw. eine Kennlinie eines Sensors bzw. eines Messgeräts, über einen längeren Zeitraum und ohne ersichtliche äußere Einflüsse so spricht man von Drift- bzw. von einem driftenden Sensorsignal. Ein driftendes Sensorsignal kann nun fälschlicherweise als physikalisch hervorgerufene Luftaufwandsänderung interpretiert werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur möglichst genauen Bestimmung einer Luftaufwandsänderung zu schaffen. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, eine Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorab ein Referenzluftaufwand ermittelt. Zusätzlich werden ein erster aktueller Luftaufwand aus einem ersten Messwert und ein zweiter aktueller Luftaufwand aus einem zweiten Messwert ermittelt. Erfindungsgemäß wird der erste Messwert bei einer Drehzahl ermittelt, bei der sich eine Änderung der Strömungsverluste im Ansaugtrakt nur geringförmig auf den Luftaufwand auswirkt. Bei dieser niedrigen Drehzahl wirken sich Änderungen in den Strömungsverlusten nur geringförmig auf den Luftaufwand aus

und demzufolge entspricht die erkannte Abweichung vom Referenzluftaufwand beim ersten Messwert hauptsächlich einem Sensorfehler bzw. einem fehlerhaft ermittelten Signal. Der zweite Messwert wird bei einer Drehzahl ermittelt, die oberhalb der Drehzahl für den ersten Messwert liegt und bei der sich auch eine Änderung der Strömungsverluste auf den Luftaufwand auswirkt. Die erkannte Abweichung vom Referenzluftaufwand des zweiten Messwert beinhaltet somit sowohl eine physikalische Änderung als auch eine durch einen Sensorfehler hervorgerufene Änderung des Luftaufwands. Aus den Messwerten werden ein erster und ein zweiter aktueller Luftaufwand ermittelt. Erfindungsgemäß wird der zweite aktuelle Luftaufwand mittels des ersten aktuellen Luftaufwands korrigiert, da dieser einen Sensorfehler beinhalten kann, welcher als seine Abweichung vom Referenzluftaufwand gegeben ist. Aus diesem zweiten, nun korrigierten aktuellen Luftaufwand und dem Referenzluftaufwand kann nun die physikalische Luftaufwandsänderung bestimmt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhafterweise in einem üblicherweise vorhandenen und einem Verbrennungsmotor bzw. Kraftfahrzeug zugeordneten Steuergerät implementiert werden. Durch die Bearbeitung der Sensorsignale kann eine höhere Genauigkeit des berechneten Luftaufwands bzw. der berechneten Luftaufwandsänderung erreicht werden. Die hohe Genauigkeit des berechneten Luftaufwands führt zu einer genaueren und somit verbesserten Regelung/Steuerung der Abgasrührmenge und der Abgasrückführrate. Da Sensorfehler erfasst und berücksichtigt werden können, können preiswertere Sensoren bzw. Messgeräte eingesetzt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und den anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors mit einem Ansaugtrakt und einem Abgastrakt und
- Fig. 2 eine graphische Darstellung einer Bestimmung von Messpunkten zur Ermittlung einer Luftaufwandsänderung.

Die Fig. 1 zeigt einen Verbrennungsmotor 1 mit einem Ansaugtrakt 4 für ein Frischgas bzw. für Luft, einen Abgastrakt 5 und eine Abgasrückführung 8, bei welchem die Abgasrückführmenge/-menge geregelt bzw. gesteuert werden soll. Die Ermittlung der Istabgasrückführmenge kann über eine Bestimmung einer Luftaufwandsänderung erfolgen. Hierdurch ist vorteilhafterweise eine genaue Bestimmung der Luftaufwandsänderung möglich. Für die Bestimmung der Luftaufwandsänderung wird vorzugsweise das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt.

Der Verbrennungsmotor 1 ist mit einer Antriebswelle 2 gekoppelt, über welche üblicherweise Antriebsräder eines Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Im Ansaugtrakt 4 und im Abgastrakt 5 ist vorzugsweise ein Abgasturbolader 3 angeordnet. Ein nicht näher bezeichneter Verdichter des Abgasturboladers 3 ist im Ansaugtrakt 4 angeordnet und eine nicht näher bezeichnete Abgasturbine des Abgasturboladers 3 ist im Abgastrakt 5 vorgesehen. Stromab des Verdichters des Abgasturboladers 3 befindet sich im Ansaugtrakt 4 bevorzugterweise ein Ladeluftkühler 7. Der Abgastrakt 5 ist über eine Abgasrückführung 8 mit dem Ansaugtrakt 4 stromab des Ladeluftkühlers 9 verbunden. In der Abgasrückführung 8 sind vorzugsweise ein weiterer Kühler 9 und ein Abgasrückführventil 10 vorgesehen. Das Abgasrückführventil 10 ist vorzugsweise stromab des Kühlers 9 in der Abgasrückführung 8 angeordnet.

Dem Verbrennungsmotor wird eine Gasgemischmenge  $m_{\text{Gem}}$  und eine Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  zugeführt. Die Gasgemischmenge  $m_{\text{Gem}}$  setzt sich aus einer Frischgasmenge bzw. einer Luftmenge  $m_{\text{Luft}}$  und einer rückgeführten Abgasmenge  $m_{\text{AGR}}$  zusammen. Die restli-

che Abgasmenge  $m_{\text{Abgas}}$  wird über die Abgasturbine des Abgasturboladers 3 einer nicht dargestellten Abgasanlage zugeführt.

Die Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  wird über einen stromauf des Verdichters des Abgasturboladers 3 im Ansaugtrakt 4 angeordneten Sensor 6, vorzugsweise ein Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM), gemessen. Stromab des Ladeluftkühlers 7 befindet sich im Ansaugtrakt 4 vorzugsweise eine weitere Messstelle 11, an der über entsprechende, nicht dargestellte Sensoren Temperatur und Druck des Frischgases ermittelt werden können.

Bei geschlossener Abgasrührung ergibt sich der Luftaufwand  $\eta$  rechnerisch unter Verwendung der idealen der Gasgleichung bezogen auf die Messstelle 11 wie folgt:

$$\eta = \frac{m_{\text{Luft}} \cdot T \cdot R}{p \cdot V_h},$$

wobei die Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  über den Sensor 6 und die Temperatur  $T$  und der Druck  $p$  über nicht dargestellte Sensoren an der Messstelle 11 bekannt sind.  $R$  ist die individuelle Gaskonstante und  $V_h$  stellt das Hubvolumen dar. Die obige Gleichung wird auch als Luftaufwandsgleichung bezeichnet.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorab ein Referenzluftaufwand ermittelt. Dieser Referenzluftaufwand kann beispielsweise eine Beschreibung des Luftaufwands eines Referenzmotors sein, welche in Form einer Kennlinie bzw. eines Kennfelds und/oder eines Simulationsmodells vorliegt, dass abhängig von einer Drehzahl und einer Last ist, wobei die Last vorzugsweise durch eine Einspritzmenge gegeben ist. Die Ermittlung des Referenzluftaufwands erfolgt vorzugsweise im Versuch und/oder auf einem Motorprüfstand vor Einbau eines Verbrennungsmotors an seinem Verbrauchsort, insbesondere in einem Kraftfahrzeug. Bei der Ermittlung des Referenzluftaufwands ist die Abgasrückführung 8 deaktiviert und die Gasge-

mischmenge  $m_{\text{Gem}}$  entspricht der eingespeisten Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$ .

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann nun eine verbrennungsmotorindividuelle und laufzeitabhängige Änderung des Luftaufwands gegenüber dem Referenzluftaufwand bestimmt werden. Diese Bestimmung der Luftaufwandsänderung erfolgt über eine beliebige Anzahl von Lern- bzw. Messpunkten. An diesen Messpunkten werden Messwerte, insbesondere der Frischgasmasse  $m_{\text{Luft}}$ , bestimmt, aus denen je ein aktueller Luftaufwand ermittelt wird. An einem Messpunkt wird der Verbrennungsmotor mit deaktivierter Abgasrückführung und vorzugsweise in einem stationären Zustand betrieben.

Um unterscheiden zu können, ob die über die obige Gleichung ermittelte Luftaufwandsänderung physikalisch bedingt ist oder auf einem Sensorfehler beruht, wird in einem weiteren Verfahrensschritt der Sensorfehler ermittelt. Die folgende Gleichung, welche auf der Bernoulli-Gleichung basiert, zeigt die physikalischen Zusammenhänge bei Strömungsverlusten in einer Stromröhre wie beispielsweise dem Ansaugtrakt 4.

$$\Delta p = C \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2,$$

wobei die Änderung des dynamischen Drucks bzw. des Staudrucks  $\Delta p$  proportional zu einer Änderung des Luftaufwands  $\Delta \eta$  ist, und eine Geschwindigkeit  $v$  der Frischgasmenge proportional zu einer Drehzahl  $n$  des Verbrennungsmotors ist. Bei der Konstanten  $C$  handelt es sich um einen Widerstandsbeiwert, welcher dimensionslos ist. Bei dem Wert  $\rho$  handelt es sich um die Dichte des Frischgases im Ansaugtrakt 4. Die Strömungsverluste bzw. der durch sie hervorgerufene Druckverlust sind gemäß obiger Gleichung, auch Strömungsverlustgleichung genannt, proportional zum Quadrat der Motordrehzahl  $n$ . Da die Strömungsverluste ebenfalls proportional zur Luftaufwandsänderung

sind, folgt hieraus, dass die Luftaufwandsänderung ebenfalls proportional zum Quadrat der Motordrehzahl  $n$  ist.

In einem ersten Drehzahlbereich mit niedrigen Motordrehzahlen  $n$  wirken sich demnach Änderungen in den Strömungsverlusten nur geringfügig auf den Luftaufwand aus. Ein für eine Drehzahl  $n$  in dem ersten Drehzahlbereich ermittelter und vom Referenzluftaufwand abweichender Luftaufwand kann daher nur auf einem Sensorfehler beruhen, da gemäß der herrschenden, physikalischen Gesetzmäßigkeiten (siehe Strömungsverlustgleichung) keine bzw. nur eine vernachlässigbar kleine Luftaufwandsänderung eintreten dürfte. Da der Sensorfehler nun bekannt ist, kann er bei der Ermittlung von Luftaufwandsänderungen bei höheren Drehzahlen berücksichtigt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der gesamte Drehzahlbereich des Verbrennungsmotors in einen ersten Drehzahlbereich und in einen zweiten Drehzahlbereich aufgeteilt. Für den ersten Drehzahlbereich wird angenommen, dass sich eine Änderung der Strömungsverluste im Ansaugtrakt 4 höchstens geringfügig auf den Luftaufwand auswirkt. Der zweite Drehzahlbereich liegt drehzahlmäßig oberhalb des ersten Drehzahlbereichs. An einem ersten Messpunkt, bestimmt durch eine erste Drehzahl in dem ersten Drehzahlbereich und eine erste Kraftstoffmenge bzw. ein erstes Drehmoment, wird ein erster Messwert ermittelt. Bei diesem Messwert handelt es sich um die aktuellen Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$ , aus welcher mittels einer aktuell gemessenen Temperatur und einem aktuell gemessenen Druck, beispielsweise an einer Messstelle 11 der Fig. 1, ein erster aktueller Luftaufwand berechnet wird.

Fig. 2 zeigt eine graphische Darstellung einer Bestimmung von Messpunkten zur Ermittlung einer Luftaufwandsänderung in Form eines motorischen Kennfeldes über Drehzahl  $n$  und Drehmoment  $M$  bzw. Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$ . Eine Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  markiert den Übergang vom ersten Drehzahlbereich zum zweiten

Drehzahlbereich mittels einer „fett“ dargestellten Linie, welche parallel zur Ordinate verläuft. Bei der gestrichelten Linie in der Fig. 2 handelt es sich um eine Volllastkurve. Bei dem ersten Messpunkt, von dem ausgehend der erste aktuelle Luftaufwand ermittelt wird, kann es sich beispielsweise um den Messpunkt M1, aber auch um den Messpunkt L1 handeln. Hat sich der ausgehend von diesen Messpunkten ermittelte Luftaufwand gegenüber dem Referenzluftaufwand verändert, so wird diese Änderung als eine von einem Sensorfehler hervorgerufene Änderung klassifiziert.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird in dem zweiten Drehzahlbereich an einem zweiten Messpunkt M2 bzw. L2 ein zweiter Messwert ermittelt. Aus dem zweiten Messwert wird unter Berücksichtigung einer aktuellen Frischgasgemischmenge  $m_{\text{Luft}}$ , einer aktuellen Temperatur und einem aktuellen Druck ein zweiter aktueller Luftaufwand ermittelt. Eine Änderung des zweiten aktuellen Luftaufwands gegenüber dem Referenzluftaufwand kann in diesem Drehzahlbereich in einen physikalischen Anteil und einen sensorfehlerbedingten Anteil separiert werden, da der durch einen Sensorfehler bedingte Anteil bereits aus dem ersten Messpunkt M1 bzw. L1 und dem zugehörigen ersten aktuellen Luftaufwand bekannt ist. Der zweite aktuelle Luftaufwand wird unter Berücksichtigung des ermittelten ersten aktuellen Luftaufwands korrigiert. Der zweite aktuelle Luftaufwand wird also um den Mess- bzw. Sensorfehler bereinigt und die Luftaufwandsänderung wird aus dem Referenzluftaufwand und dem nun korrigierten zweiten aktuellen Luftaufwand bestimmt.

Der zweite Messwert für den zweiten aktuellen Luftaufwand wird vorzugsweise an einem zweiten Messpunkt genommen, an dem die Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  der Frischgasmenge am ersten Messpunkt entspricht. Unter Bezugnahme auf die Fig. 2 liegen die Messpunkte M1 und M2 bzw. L1 und L2 auf einer Linie gleicher Frischgasmenge bzw. Luftmasse je Messpunktpaar, gekennzeichnet durch die durchgezogenen Linien mit negativer Steigung.

Diese Linien können auch als Iso-Linien bezeichnet werden. Um von dem ersten Messpunkt M1 zu dem zweiten Messpunkt M2 zu gelangen, wird beispielsweise gedanklich auf der diesem Messpunkt zugeordneten Iso-Linie gleicher Luftmasse  $m_{\text{Luft}}$  entlang gefahren. Über die vorhandene Beschreibung des Referenzaufwands, beispielsweise in Form eines Kennfelds, können nun bei gleicher Drehzahl wie am Messpunkt M2 beliebige weitere Messpunkte M3 und M4 erschlossen werden, von denen ausgehend entsprechende Luftaufwandsänderungen ermittelt und um den aus dem Messpunkt M1 bekannten Sensorfehler bereinigt werden, da zwischen Sensorfehler bzw. Sensorabweichung und Luftaufwandsänderung unterschieden werden kann. Ausgehend vom aktuellen Luftaufwand am Messpunkt M2 kann direkt auf den aktuellen Luftaufwand am Messpunkt M3 bzw. M4 geschlossen werden. Dies folgt insbesondere daraus, dass die Lastabhängigkeit des Luftaufwands erhalten bleibt, also aus dem Referenzkennfeld entnommen werden kann, und größtenteils laufzeit- und motortypunabhängig ist. Auch an einem Messpunkt M4, dem kein erster Messpunkt im ersten Drehzahlbereich zur Sensorfehlerbestimmung zugeordnet werden kann, der auf einer Iso-Linie mit gleicher Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  wie der Messpunkt M4 liegt, kann vorteilhafterweise dergestalt der Sensorfehler bzw. Messfehler, nämlich der ermittelte Fehler am Messpunkt M1, bei der Ermittlung des dem Messpunkt M4 entsprechenden Luftaufwands berücksichtigt werden.

Vorteilhafterweise können die Messpunkte in beliebiger Reihenfolge angefahren werden. Es ist eine beliebige Anzahl von Messpunkten denkbar. Für die Bestimmung einer Luftaufwandsänderung an Messpunkten, die zwischen einzelnen Messpunkten liegen, für die die Messwerte bereits ermittelt worden sind, können die entsprechenden Messwerte durch Interpolation bestimmt werden. Messpunkte K1 im ersten Drehzahlbereich, die im zweiten Drehzahlbereich keinen zweiten Messpunkt auf einer gemeinsamen Iso-Kennlinie gleicher Luftmasse  $m_{\text{Luft}}$  aufweisen, werden vorzugsweise ebenfalls in einer Interpolationsberech-

nung berücksichtigt, da am Messpunkt K1 kein physikalischer Betrag zu einer Luftaufwandsänderung zu erwarten ist.

Ein Messpunkt N2, der im zweiten Drehzahlbereich liegt und dem kein entsprechender Messpunkt im ersten Drehzahlbereich zugeordnet werden kann, der auf einer gemeinsamen Iso-Linie mit gleicher Luftmasse  $m_{\text{Luft}}$  mit dem zweiten Messpunkt N2 liegt, wird vorzugsweise ebenfalls in den Inter- bzw. Extrapolationsrechnungen berücksichtigt. Dies kann deshalb erfolgen, da bei entsprechender Auswahl der Messpunkte im zweiten Drehzahlbereich, welche jeweils auf gemeinsamen Iso-Linien mit Messpunkten des ersten Drehzahlbereichs liegen, genügend Stützstellen für die Berechnung eines Sensorfehlers bei einem Messpunkt N2 vorhanden sind, so dass eventuelle Sensorfehler auch bei einer dem Messpunkt N2 entsprechenden Luftaufwandsänderung berücksichtigt werden können. Mit dem Messpunkt M4 ist ein Sensorfehler bei einem hohen Frischluftmassenstrom bekannt und somit ist eine Berechnung, insbesondere eine Extrapolationsberechnung, des Sensorfehlers an einem Messpunkt N2 in guter Approximation möglich. Vorteilhafterweise kann die Ermittlung der physikalisch bedingten Luftaufwandsänderung auf diese Weise auch in Bereichen hoher Drehzahl erfolgen.

Betriebs- oder Umweltbedingungen wie beispielsweise Höhe- und Umgebungsdruck, werden vorzugsweise bei der Ermittlung der Luftaufwandsänderung berücksichtigt. Diese Berücksichtigung kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass in Abhängigkeit von den Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen die Beschreibung des Referenzluftaufwands, vorzugsweise ein Kennfeld, an die veränderten Bedingungen angepaßt wird. Eine Anpassung kann unter anderem dadurch erfolgen, dass in einem Steuergerät für unterschiedliche Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen verschiedene Referenzluftaufwandsbeschreibungen hinterlegt sind und dass in Abhängigkeit von den Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen zwischen diesen Beschreibungen hin und her geschaltet und/oder gleitend interpoliert werden kann.

Alternativ kann die beschriebene Zuordnung der Messpunkte M1 und M2 bzw. L1 und L2 bei vorzugsweise gleicher Luftmasse bei variierenden Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen, beispielsweise bei variierender Höhe, derart erfolgen, dass über eine Korrekturfunktion, die bevorzugterweise vom Umgebungsdruck abhängig ist, die Lage des jeweiligen Messpunktes M2 bzw. L2 in bezug auf Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  bzw. Moment M verschoben wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung eingesetzt werden. Hierbei kann aus einem ursprünglichen Referenzluftaufwand und der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmten Luftaufwandsänderung ein aktualisierter Referenzluftaufwand ermittelt werden. Aus diesem aktualisierten Referenzluftaufwand kann wiederum eine Referenzgasmenge ermittelt werden. Diese Referenzgasmenge kann nun zur Ermittlung einer aktuellen, in den Motor eingespeisten Gasgemischmenge mittels einer aktuellen Gasgemischtemperatur und einem aktuellen Gasgemischdruck herangezogen werden, welche durch entsprechende Messungen und/oder Berechnungen ermittelt werden können. Die aktuelle Abgasrückführmenge kann dann anhand der Differenz zwischen der aktuellen Gasgemischmenge und einem gemessenen Frischgasanteil am aktuellen Gasgemisch ermittelt werden. Alternativ bzw. zusätzlich kann die aktuelle Gasgemischmenge auch aus einem aktuellen Luftaufwand, dem aktuellen Druck und der aktuellen Temperatur des Gasgemisches ermittelt werden. Hierbei wird der aktuelle Luftaufwand ausgehend von der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmten aktuellen Luftaufwandsänderung und einem Referenzluftaufwand, welcher beispielsweise in Form eines Kennfeldes in einem Steuergerät hinterlegt ist, ermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung für einen Verbrennungsmotor,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Schritte ,
  - ein Vorab-Ermitteln eines Referenzluftaufwands,
  - ein Ermitteln eines ersten aktuellen Luftaufwands aus einem ersten Messwert an einem ersten Messpunkt (M1, L1) in einem ersten Drehzahlbereich, in dem sich eine Änderung der Strömungsverluste in einem Ansaugtrakt nur geringfügig auf den Luftaufwand auswirkt,
  - ein Ermitteln eines zweiten aktuellen Luftaufwands aus einem zweiten Messwert an einem zweiten Messpunkt (M2, L2) in einem zweiten Drehzahlbereich, der drehzahlmäßig oberhalb des ersten Drehzahlbereichs liegt,
  - ein Korrigieren des zweiten aktuellen Luftaufwands mittels des ersten aktuellen Luftaufwands und
  - ein Bestimmen der Luftaufwandsänderung aus dem Referenzluftaufwand und dem korrigierten zweiten aktuellen Luftaufwand.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der zweite Messwert bei gleicher Frischgasmenge wie der ersten Messwert ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass sich der Verbrennungsmotor bei der Ermittlung eines

Messwerts in einem stationären Zustand befindet.

4. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass vor der Ermittlung eines Messwerts eine Abgasrückführung deaktiviert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass aus einem Messwert aus einem aktuellen Druck (p) und einer aktuellen Temperatur (t) im Ansaugtrakt (4) ein aktueller Luftaufwand ( $\eta$ ) errechnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Luftaufwand bzw. die Luftaufwandsänderung zwischen zwei Messpunkten durch Interpolation bzw. Extrapolation ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass beim Ermitteln der Messwerte Betriebs- und/oder Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.
8. Verwendung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung, wobei
  - aus einem ursprünglichen Referenzluftaufwand und der Luftaufwandsänderung ein aktualisierter Referenzluftaufwand ermittelt wird und aus dem aktualisierten Referenzluftaufwand eine Referenzgasmenge ermittelt wird,
  - eine aktuelle Gasgemischmenge mittels einer aktuellen Temperatur und einem aktuellen Druck aus der Referenzgasmenge ermittelt wird,
  - ein Frischgasanteil am aktuellen Gasgemisch ermittelt wird und

- eine aktuelle Abgasrückführmenge anhand der Differenz zwischen der aktuellen Gasgemischmenge und dem Frischgasanteil ermittelt wird.
9. Verwendung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Luftaufwandsänderung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung, wobei
- aus einem Referenzluftaufwand und der Luftaufwandsänderung ein aktueller Luftaufwand ermittelt wird,
  - eine aktuelle Gasgemischmenge aus dem aktuellen Luftaufwand, einem aktuellen Druck und einer aktuellen Temperatur ermittelt wird,
  - ein Frischgasanteil am aktuellen Gasgemisch ermittelt wird und
  - eine aktuelle Abgasrückführmenge anhand der Differenz zwischen der aktuellen Gasgemischmenge und dem Frischgasanteil ermittelt wird.

1/2

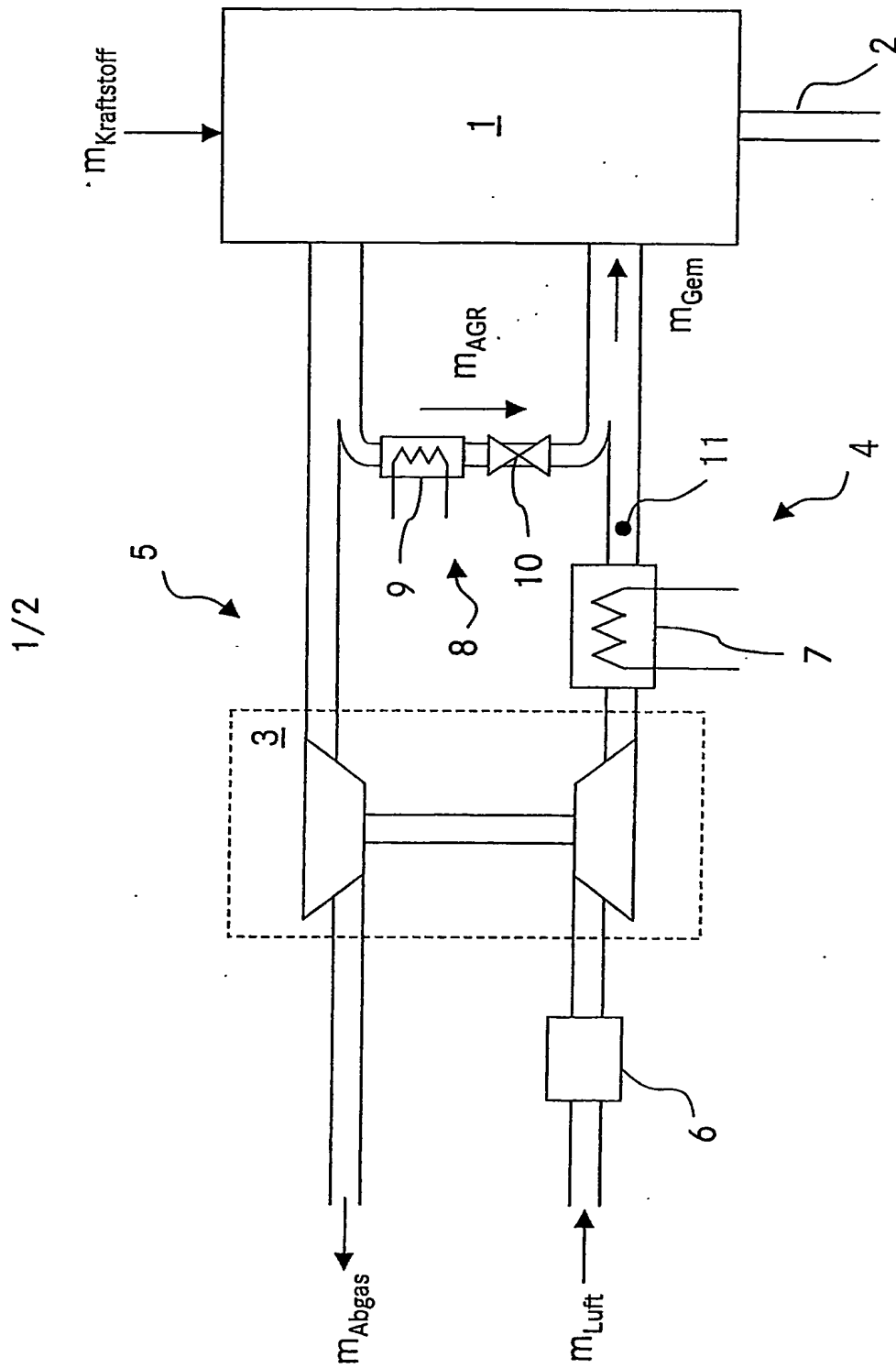


Fig. 1

2/2

2/2

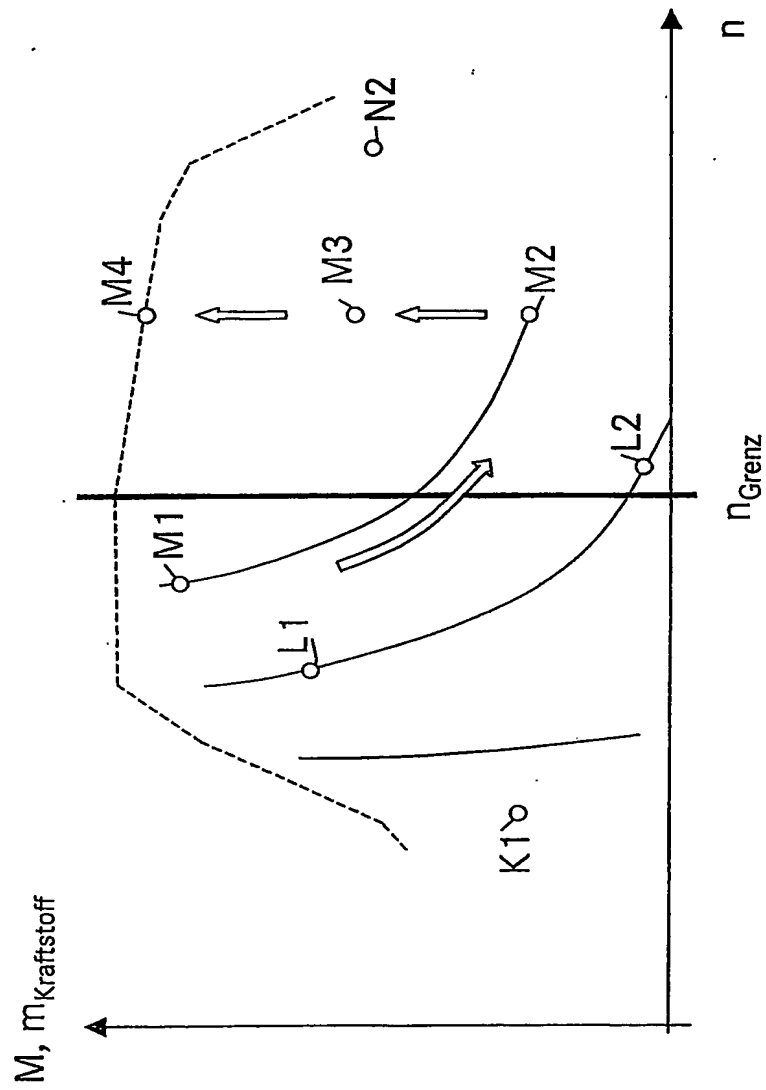


Fig. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/09415

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/18 F02D41/14 F02D33/02 F02D35/00 F02D41/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 170 469 B1 (NAGANUMA KANAME ET AL) 9 January 2001 (2001-01-09) the whole document	1, 8, 9
A	US 6 009 862 A (WILLEY JONATHAN ET AL) 4 January 2000 (2000-01-04) cited in the application the whole document	1, 8, 9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 11, 3 January 2001 (2001-01-03) & JP 2000 220532 A (FUJI HEAVY IND LTD), 8 August 2000 (2000-08-08) abstract	1, 8, 9
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 January 2004

Date of mailing of the international search report

20/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicolás, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/09415

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 565 166 A (TAKEDA KEISO) 21 January 1986 (1986-01-21) abstract; figures 5,6 -----	1,8,9
A	US 5 520 153 A (MILUNAS RIMAS S) 28 May 1996 (1996-05-28) abstract -----	1,8,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/09415

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6170469	B1	09-01-2001	JP 3460394 B2	27-10-2003
			JP 9032650 A	04-02-1997
			JP 3237480 B2	10-12-2001
			JP 9053519 A	25-02-1997
			JP 3346116 B2	18-11-2002
			JP 9072248 A	18-03-1997
			JP 9088704 A	31-03-1997
			JP 3407498 B2	19-05-2003
			JP 9088711 A	31-03-1997
			US 6032656 A	07-03-2000
			DE 19628235 A1	16-01-1997
			US 6230697 B1	15-05-2001
			US 5918582 A	06-07-1999
US 6009862	A	04-01-2000	DE 19934508 A1	10-02-2000
			GB 2340258 A , B	16-02-2000
JP 2000220532	A	08-08-2000	NONE	
US 4565166	A	21-01-1986	JP 1765518 C	11-06-1993
			JP 4051663 B	19-08-1992
			JP 60081459 A	09-05-1985
			DE 3426307 A1	18-04-1985
US 5520153	A	28-05-1996	NONE	

# INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09415

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/18 F02D41/14 F02D33/02 F02D35/00 F02D41/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 170 469 B1 (NAGANUMA KANAME ET AL) 9. Januar 2001 (2001-01-09) das ganze Dokument	1,8,9
A	US 6 009 862 A (WILLEY JONATHAN ET AL) 4. Januar 2000 (2000-01-04) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,8,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 11, 3. Januar 2001 (2001-01-03) & JP 2000 220532 A (FUJI HEAVY IND LTD), 8. August 2000 (2000-08-08) Zusammenfassung	1,8,9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderschaftlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderschaftlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Januar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/01/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nicolás, C

# INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09415

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 565 166 A (TAKEDA KEISO) 21. Januar 1986 (1986-01-21) Zusammenfassung; Abbildungen 5,6 -----	1,8,9
A	US 5 520 153 A (MILUNAS RIMAS S) 28. Mai 1996 (1996-05-28) Zusammenfassung -----	1,8,9

# INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 03/09415

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6170469	B1	09-01-2001	JP 3460394 B2 27-10-2003
			JP 9032650 A 04-02-1997
			JP 3237480 B2 10-12-2001
			JP 9053519 A 25-02-1997
			JP 3346116 B2 18-11-2002
			JP 9072248 A 18-03-1997
			JP 9088704 A 31-03-1997
			JP 3407498 B2 19-05-2003
			JP 9088711 A 31-03-1997
			US 6032656 A 07-03-2000
			DE 19628235 A1 16-01-1997
			US 6230697 B1 15-05-2001
			US 5918582 A 06-07-1999
US 6009862	A	04-01-2000	DE 19934508 A1 10-02-2000
			GB 2340258 A , B 16-02-2000
JP 2000220532	A	08-08-2000	KEINE
US 4565166	A	21-01-1986	JP 1765518 C 11-06-1993
			JP 4051663 B 19-08-1992
			JP 60081459 A 09-05-1985
			DE 3426307 A1 18-04-1985
US 5520153	A	28-05-1996	KEINE